

早稲田大学大学院情報生産システム研究科

博士論文審査報告書

論 文 題 目

Adaptive Random Search with
Intensification and
Diversification combined with
Genetic Algorithm

申 請 者
孫 東圭

Dongkyu Sohn

情報生産システム工学専攻
進化型計算システム研究

2008 年 2 月

近年、コンピュータの実用化と産業の発展に伴い、システムは複雑大規模になりつつあり、理学、工学などの様々な分野で最適化は重要な課題となっている。従来、最適化問題に関する理論と解法は応用数学の分野で多く取り扱われて来たが、システムの複雑大規模に伴い従来よりも優れた最適化手法の開発が要求されている。

ところで、コンピュータの発展に伴い最近開発されてきた最適化手法にランダム探索法および遺伝的アルゴリズム (Genetic Algorithm) がある。ランダム探索法の一つである適応的ランダム探索法 (Random Search with Intensification and Diversification, RasID) は局所領域での探索能力の点で高く評価されているが、局所最適解に陥った場合にそれからの脱出が困難であるといわれている。一方、GAは広領域での探索能力には優れているが、探索した解の精度が他の手法より劣る課題が残っている。

そこで、本論文ではRasIDとGAの長所に着目し、二つのアルゴリズムを組み合わせることにより両者の手法の長所を活かしながら、局所最適解の問題を解決し、精度の高い解の探索を行う遺伝的適応ランダム探索法 (Random Search with Intensification and Diversification combined with Genetic Algorithm, RasID-GA)を提案し、その評価を行っている。

第 1 章では、遺伝的適応ランダム探索法 (RasID-GA) の研究背景について述べている。さらに、精度の高い最適解の探索に RasID と GA を組み合わせる着想に至った経緯を述べ、第 2 章以降の本論文の内容を要約している。

第 2 章では、本論文で述べる最適化問題を定式化し、RasID-GA を構成している適応的ランダム探索法 (RasID) と遺伝的アルゴリズム (GA) のアルゴリズムとその特徴について述べている。

第 3 章では、RasID-GA によって最適解を探索する基本アルゴリズムとその構成について述べている。提案する RasID-GA は集中化探索の性能が高い適応的ランダム探索法 (RasID) と大域的探索に適した遺伝的アルゴリズム (GA) を組み合わせた手法であるが、RasID-GA の第 1 のポイントは複数の RasID を並列に実行すること、第 2 のポイントは RasID が局所最適解に陥った時 GA に遷移し、大域解を探索し、その後また並列 RasID に戻り集中化探索を行うことである。換言すると、RasID-GA は上記の二手法を組み合わせる集中化探索(RasID)と大域的探索(GA)を繰り返しながら正確な解を求める手法である事を具体的に述べている。

第 4 章では、最適解の探索に RasID-GA が有効であることを検証するため、複雑な 23 種類の目的関数を用いて、従来手法である RasID および GA との体系的な比較評価を行っている。局所最適解を持たない関数、局所最適解を

持っているがその数が少ない関数、多くの局所最適解をもつ関数の3グループに分けてシミュレーションを行い、その性能を比較した結果、提案手法はいずれのグループでも RasID および GA より比較的良い性能を示す事を明らかにしている。具体的には、RasID-GA は 23 種類の目的関数の中で、平均値では 19 種類の、ベスト値では 22 種類の目的関数で良い性能を示している。また、RasID の局所最適解の探索、GA による局所最適解からの脱出、および集中化探索と大域的探索間の遷移に関する RasID-GA のアルゴリズムを検証した結果、Exploration と Exploitation を考慮した RasID と GA 間の自動遷移アルゴリズムによって提案手法は集中化探索と大域的探索を適切に繰り返しながら最適解を求めている事を明らかにしている。

第 5 章では、RasID-GA による制約条件付き最適化問題の解法とその評価について述べている。一般に、最適化問題は、制約条件なし最適化問題と制約条件付き最適化問題に分類できる。制約条件付き最適化問題は最適解を探索することが難しい問題として知られており、一般には、各探索点における目的関数値と実行可能性の度合を表すペナルティ関数を用いて解決している。しかし、目的関数とペナルティ関数のバランスをとる事は難しい。一方、RasID-GA は過去の探索の成功あるいは不成功情報により、解を探索するための確率密度関数を適応的に修正することが可能であり、また、確率密度関数は左右非対称であり、そのため、きめ細かな探索が出来るようになっている。従って、解が制約条件を満たしているか、あるいは満たしていないかの情報を確率密度関数の更新に直接的に反映することができるため、ペナルティ関数を使わずに制約条件付き最適解の探索が可能である。これらの特徴を持つ RasID-GA の制約条件付き最適化問題への有効性を検証するため、11 種類の複雑な不等式、等式制約条件付き問題を用いて RasID-GA と最近発表された Stock Ranking Method との体系的な比較評価を行った。その結果、RasID-GA では、得られた近似解と理論最適解の誤差は平均 0.354% であり、Stock Ranking Method の平均 0.997% より優れていることを明らかにしている。

ニューラルネットワークはパタン認識、システムのモデリング、予測など多くの分野に応用されているが、ニューラルネットワークの学習には誤差逆伝播法 (Back Propagation Method, BP 法) が一般に使われている。しかし、BP 法は局所最適解に陥りやすく、さらには、微分可能でない目的関数には適用できない問題もある。そこで、第 6 章では、最近発表されたマルチブランチリカラントニューラルネットワークの学習に RasID-GA を適用し評価を行っている。まず、RasID-GA をニューラルネットワークの学習に適用するに際し、汎化能力を高めるためネットワークの重みの総和を制約する着想に至った点について述べている。具体的には、ネットワークの重みの総和が大

きくなると実行可能領域が広く汎化能力が低くなり、逆に、小さくなると最適解の探索が困難になるバランスを制約変数によって調整している。次に RasID-GA によるニューラルネットワークの学習を評価するため、Mackey Glass 時系列を用いて 6 ステップ先の予測を行う問題に適用し、BP 法との比較を行っている。シミュレーションの結果、ネットワークの重みの総和を制約することで汎化能力が平均 94%改善できることを明らかにしている。

第 7 章では、RasID-GA を実世界の問題へ適用する例として、株価の予測問題を検討している。過去の株価データを基にしてマルチブランチニューラルネットワークを RasID-GA を用いて学習し、学習したネットワークで翌営業日の終値を予測している。性能評価のため、BP 法との比較を行った。シミュレーションの結果、RasID-GA では 20 銘柄の上昇・下降予測率の平均が 53.4%であり、2 個のマルチブランチを用いたマルチブランチニューラルネットワークを活用すると、RasID-GA は BP 法より予測率が平均で 2.3% 高くなることを明らかにしている。

第 8 章では、本論文で提案し性能評価を行った遺伝的適応ランダム探索法 (RasID-GA) の研究成果を総括している。

以上、本論文は、ランダム探索法と遺伝的アルゴリズムを組み合わせた遺伝的適応ランダム探索法を提案したものであり、二つの手法を組み合わせることによって、解の探索能力および探索精度が向上することを明らかにしている。今後は、種々の分野の実問題への展開が課題であり、さらに離散最適化問題への拡張のための技術開発も必要である。しかし、本論文はランダム探索法による最適化問題の研究のための基礎となるアルゴリズムを提案している点で大きな価値があり、今後の最適化分野に寄与するところが多い。よって、本論文は博士（工学）の学位論文として価値あるものと認める。

2008 年 1 月 25 日

主査	早稲田大学	教授	工学博士（九州大学）	平澤 宏太郎
	早稲田大学	教授	博士（情報学）（京都大学）	玄 光男
	早稲田大学	准教授	博士（情報工学）（九州工業大学）	古月 敬之